

EP03/09042

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 44 905.8

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**Anmeldetag:**

25. September 2002

**Anmelder/Inhaber:**

austriamicrosystems AG, Unterpremstätten/AT

**Bezeichnung:**

Regelvorrichtung mit einem Regelkreis  
und einem Sensor und Verfahren zum  
Betrieb der Regelvorrichtung

**IPC:**

G 05 B 13/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. September 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

## Beschreibung

Regelvorrichtung mit einem Regelkreis und einem Sensor und  
Verfahren zum Betrieb der Regelvorrichtung

5

Die Erfindung betrifft eine Regelvorrichtung mit einem  
Regelkreis, der einen auf einen Rückkoppelungseingang des  
Regelkreises rückgekoppelten Rückführzweig enthält, mit einem  
Sensor, der in dem Regelkreis angeordnet ist und an seinem  
10 Ausgang ein Sensorsignal abgibt, das in ein Rückkoppelsignal  
umgesetzt und an den Rückkoppelungseingang des Regelkreises  
zurückgeführt wird.

Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betrieb der  
15 Regelvorrichtung.

Derartige Regelkreise sind bekannt. Üblicherweise wird ein  
Eingangssignal des Regelkreises an einen Summierpunkt  
geführt, dessen Ausgang in die Regelstrecke führt, die das  
20 Ausgangssignal des Regelkreises abgibt. Das Ausgangssignal  
wird gemessen und mit negativem Vorzeichen auf den  
Rückkoppelungseingang des Summierpunkts, d.h. den Eingang des  
Regelkreises rückgekoppelt. Auf dieser Weise ist es möglich,  
das Ausgangssignal des Regelkreises in Abhängigkeit von  
25 seinem Eingangssignal entsprechend den Anforderungen und  
Regelungscharakteristiken des Regelkreises zu regeln.

Die Messung des Ausgangssignals des Regelkreises erfolgt über  
einen Sensor, der entsprechend der physikalisch zu  
30 erfassenden Größe ausgewählt ist. Dieser Sensor kann entweder  
in der Regelstrecke selbst oder im Rückkoppelzweig angeordnet  
sein. Über das im Rückführzweig gebildete Rückkoppelsignal,  
das sich mit negativen Vorzeichen dem Eingangssignal  
überlagert, wird der Regelkreis geschlossen.

35

Sensoren für physikalische Größen, beispielsweise für  
magnetische oder elektrische Felder oder für mechanische oder

chemische Größen weisen eine sensortypische Kennlinie des Ausgangssignals in Abhängigkeit von der zu messenden Eingangsgröße auf. Oftmals sind diese Kennlinien nur in einem kleinen Bereich, dem Arbeitsbereich des Sensors, linear und zeigen außerhalb dieses Bereiches eine nichtlineare Kennlinie zwischen der zu messenden Eingangsgröße und dem Ausgangssignal des Sensors. Dies führt zu Nichtlinearitäten, die in einem Regelkreis besonders berücksichtigt werden müssen und oft schwer auszuregeln sind.

10

In bestimmten Fällen verläuft die Kennlinie eines Sensors nichtlinear in der Weise, dass mit weiter steigender Messgröße die Empfindlichkeit, d.h. das Ausgangssignal des Sensors, nicht mehr weiter zunimmt, sondern dass die Empfindlichkeit nach Überschreiten eines Maximums bei weiter steigender Messgröße wieder abnimmt. Entsprechend umgekehrt ist das Verhalten der bzw. die Empfindlichkeit, wenn diese bei sinkender Messgröße nach Unterschreiten eines Minimums wieder zunimmt. Dieses Verhalten ist beispielsweise bei einem magnetoresistiven Sensor HNC 1001/1002 der Firma Honeywell der Fall. Dieser Sensor zeigt bei einem Magnetfeld der Stärke 0 Oe nahezu keine Ausgangsspannung. Im Bereich bis etwa 5 Oe besteht eine lineare Abhängigkeit zwischen Magnetfeld und Ausgangsspannung. Die Empfindlichkeit nimmt bei weiter steigendem Magnetfeld ab, d.h. die Ausgangsspannung des Sensors steigt nicht mehr im gleichen Umfang. Bei etwa 11 Oe erreicht die Empfindlichkeitskurve ein Maximum. Bei höheren magnetischen Flußdichten nimmt die Ausgangsspannung des Sensors gegen 0 hin ab. Eine entsprechend spiegelbildliche Kurve ergibt sich bei negativen Flußdichten des Magnetfeldes.

30

In einer allgemeinen Regelvorrichtung und insbesondere bei Vorrichtungen mit magnetoresistiven Sensoren verschlechtern die durch die Empfindlichkeitskurve des Sensors verursachten Nichtlinearitäten die Eigenschaften des geschlossenen Regelkreises. In Überlastsituationen, in denen die Eingangsgröße stark ansteigt, kann es vorkommen, dass der

35

Signalausgang des Sensors kein höheres Signal, sondern ein niedrigeres Signal ausgibt, als dem zu messenden Eingangssignal entspricht. Das bedeutet, dass in diesen extremen Betriebssituationen die negative

- 5 Rückkoppelungsschleife den Regelkreis möglicherweise nicht mehr ausregeln kann. Ein derartiger als foldback bezeichneter Effekt ist in allen Anwendungen unerwünscht.

- 10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, bei denen nichtlineare Veränderungen der Empfindlichkeit eines Sensors erkannt und ein sicheres Betriebsverhalten ermöglicht werden.

- 15 Diese Aufgabe löste die Erfindung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. des Patentanspruchs 8.

Ausgestaltungen der Erfindung sind in Unteransprüchen gekennzeichnet.

20

Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, eine Veränderung und insbesondere eine Verschlechterung der Empfindlichkeit des Sensors zu erkennen und/oder zu messen. Sobald eine derartige Veränderung der Empfindlichkeit festgestellt wird bzw. ein vorgegebenes Maß überschreitet, wird der Ausgang des Sensors auf einen vorgegebenen Wert gesetzt, der bevorzugt dem maximalen Meßwert entspricht. Dieser vorgegebene Wert wird bevorzugt geklemmt, d.h. festgehalten.

25

- 30 Auf diese Weise ist es möglich, den foldback-Effekt zu vermeiden. Weiterhin ist es möglich, den nicht regulären Betriebszustand des Regelkreises anzuzeigen oder kenntlich zu machen.

- 35 Sobald der Sensor wieder in einen Betriebszustand gelangt, der innerhalb des zulässigen Maßes der Empfindlichkeit liegt, kann die Klemmung auf den vorgegebenen Wert vorteilhaft

aufgehoben werden und der Sensor kann wieder regulär arbeiten.

In der Regelvorrichtung gemäß der Erfindung ist ein  
5 Fehlersignalgenerator vorgesehen, der ein Fehlersignal erzeugt und in den Regelkreis einspeist, das sich dem Nutzsignal des Regelkreises überlagert. Dieses Nutzsignal ist beispielsweise das vor dem Einspeiseknoten für das Fehlersignal anliegende Signal der Regelstrecke. Weiter ist  
10 eine Detektiereinrichtung vorgesehen, die den Regelkreis überwacht und ein Maß für die Änderung der Empfindlichkeit beziehungsweise die Verschlechterung der Empfindlichkeit des Sensors festlegt. Die Detektiereinrichtung speist ausgangsseitig eine Steuereinrichtung des Regelkreises, die  
15 in Abhängigkeit von dem Ausgangssignal der Detektiereinrichtung das Ausgangssignal des Regelkreises auf den vorgegebenen Wert setzt bzw. klemmt.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung erlaubt die Nutzung der  
20 Verstärkung des geschlossenen Regelkreises unter Berücksichtigung des in dem Regelkreis angeordneten Sensors, ohne dass der Regelkreis z.B. für die Messung der Sensorempfindlichkeit aufgetrennt werden muss.

25 In einem regulären Betriebszustand wird das überlagerte Fehlersignal durch den Regelkreis kompensiert. Die Höhe des Fehlersignals und die Lage des Einspeise- bzw. Summierungspunktes, an dem das Fehlersignal in den Regelkreis eingespeist wird, wird dabei entsprechend den Entwurfsregeln  
30 des Regelkreises so gewählt, dass der geschlossene Rückkoppelungskreis das Fehlersignal am Ausgang der Regelvorrichtung auf einem gegenüber dem Nutz- Ausgangssignal des Regelkreises unerheblichen Signalwert minimiert.

35 Im Falle einer Verschlechterung der Empfindlichkeit des Sensors verändert sich die Kreisverstärkung des Regelkreises und der Fehler kann nicht mehr in gewohnter Weise kompensiert

werden. Diese Veränderung kann detektiert werden, indem die Signale des Regelkreises am Einspeiseknoten für das Fehlersignal jeweils vor und nach der Einspeisung des Fehlersignals verglichen werden.

5

Im Fall, dass der Regelkreis mit seiner Funktion regulär im linearen Bereich arbeitet, wird der Ausgang des Einspeiseknotens für das Fehlersignal nicht dem Eingang dieses Einspeiseknotens entsprechen und im Fall einer verschlechterten Schleifenverstärkung wird der Ausgang des Einspeiseknotens für das Fehlersignal dem Eingang des Einspeiseknotens entsprechen. Entsprechend umgekehrt verhält sich der Vergleich, wenn der Signalvergleich nicht am Ausgang des Einspeiseknotens für das Fehlersignal, sondern an dessen Eingang erfolgt.

Um in der Lage zu sein, die Signale jeweils vor und hinter der Überlagerung des Fehlersignals zu vergleichen, wird das entsprechende Signal gemessen und gespeichert, bevor das Fehlersignal eingespeist und gemessen wird. Dazu weist die Detektiereinrichtung bevorzugt eine Speichereinrichtung und einen Komparator auf, der ein Signal der Regelstrecke mit einem in der Speichereinrichtung gespeicherten Signal vergleicht.

25

Bevorzugt ist der Komparator mit einer Entscheiderschaltung verbunden, die das Ausgangssignal der Detektiereinrichtung erzeugt, das mit der Steuereinrichtung verbunden ist.

In einer vorteilhaften Ausführungsform enthält die Steuereinrichtung eine Klemmschaltung, die das Ausgangssignal der Regelstrecke auf den vorgegebenen Wert festklemmt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung enthält die Detektiereinrichtung einen Signalpegelkomparator und/oder einen Signalvorzeichenkomparator, die eingangsseitig mit dem

35

Regelkreis und ausgangsseitig mit der Entscheiderschaltung verbunden sind.

Der Ausgang der Entscheiderschaltung ist zum einen mit der  
5 Steuereinrichtung verbunden und andererseits mit dem  
Fehlersignalgenerator, dessen anderer Eingang mit einem  
Zeitsignalgenerator verbunden ist. Abhängig von den Signalen  
der Entscheiderschaltung wird deshalb zum einen die  
Steuereinrichtung auf den vorgegebenen Wert geklemmt und  
10 andererseits der Fehlersignalgenerator ein- oder  
ausgeschaltet.

Der Signalvorzeichenkomparator ist insbesondere in bipolaren  
Sensorsystemen vorgesehen, d.h. in Sensorsystemen, die  
15 Messgrößen mit positiven oder negativen Vorzeichen messen.  
Auf diese Weise wird ein Vorzeichen ermittelt, so dass das  
Fehlersignal mit der entsprechenden Polarität in den  
Regelkreis eingespeist werden kann. Allgemein ist hier zu  
sagen, dass das Fehlersignal, das typischerweise ein  
20 Rechtecksignal ist, mit umgekehrter Polarität gegenüber der  
Polarität des Ausgangssignals des Regelkreises eingespeist  
wird.

Der Signalpegelkomparator ist insbesondere dann vorteilhaft,  
25 wenn das Sensorsystem während der Überlastbedingungen des  
Regelkreises eine ausreichend hohe Schleifenverstärkung hat,  
um das Ausgangssignal des Regelkreises auf den vorgegebenen  
Wert zu klemmen. In diesem Fall kann der Ausgang der  
Detektiereinrichtung optional abgeschaltet werden. Der  
30 Signalpegelkomparator überwacht die Signalamplitude des  
Regelkreises um festzustellen, ob nach den Entwurfskriterien  
des Regelkreises die Schleifenverstärkung ausreichend hoch  
ist.

35 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der  
Erfindung ist als Sensor ein magnetoresistiver Sensor  
vorgesehen, der zur Erfassung eines Magnetfeldes geeignet

ist. Mit einem derartigen Sensor ist die Ausgestaltung des Regelkreises als Strommesssystem möglich.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von in den Figuren der  
5 Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein schematisches Schaltbild der Regelvorrichtung gemäß der Erfindung,

10

Figur 2a eine Regelvorrichtung mit einem magnetoresistiven Sensor zur Strommessung und

Figur 2b ein Schemaschaltbild der Regelvorrichtung gemäß  
15 Figur 2a.

Figur 2 a zeigt eine Regelvorrichtung mit einem Strommesssensor, die aus drei Hauptkomponenten besteht. Die erste Komponente ist ein Stromtransformator, der einen Kern K mit einem Luftspalt L enthält. Auf den Kern ist eine  
20 Primärwicklung W1 aufgebracht, durch die ein Strom I1 fließt. Weiterhin ist auf den Kern K eine zweite Wicklung W2 aufgebracht, durch die auf der Sekundärseite der Strom I2 fließt. Die zweite Komponente der Regelvorrichtung ist der  
25 magnetische-Sensor S, der in diesem Fall als magnetoresistiver Sensor ausgebildet ist und der im Luftspalt L des Kerns angeordnet ist. Die dritte Komponente der Regelvorrichtung ist ein negativer Rückkopplungszweig, der den Sensor S über einen Verstärker G mit der Sekundärwicklung  
30 W2 des Transformators verbindet. Ausgangsseitig ist die Sekundärwicklung W2 über einen Widerstand R2 mit einem Bezugspotential VB, zum Beispiel Masse verbunden.

Ein Eingangsstrom I1, der in die Primärwicklung W1 des  
35 Stromtransformators fließt, erzeugt in dem Luftspalt L einen magnetischen Fluß. Dieser magnetische Fluß wird durch den Sensor S erfaßt und mit Hilfe der negativen Rückkopplung des



Regelkreises auf Null abgeglichen. Der Regelkreis stellt dabei den Strom I2 durch die Sekundärwicklung W2 so ein, dass der vom Strom I2 erzeugte magnetische Fluß entgegengesetzt gerichtet und betragsmäßig gleich groß ist wie der magnetische Fluß, der vom Strom I1 im Luftspalt erzeugt wird. Der Strom I2 durch die Sekundärwicklung ist das Maß für die Größe des Stroms I1 in der Primärwicklung.

Der Sensor S, im Ausführungsbeispiel ein magnetoresistiver Sensor, zeigt als parasitäre Eigenschaft eine abnehmende Empfindlichkeit, die bis gegen Null geht, wenn die magnetische Flußdichte in dem Luftspalt L ein sensorspezifisches maximales Feld überschreitet. Der Maximalwert der magnetischen Feldstärke ist eine Eigenschaft des Sensors, die sensorspezifisch variiert. Die beschriebene parasitäre Eigenschaft des Sensors verschlechtert die Eigenschaften des geschlossenen Regelkreises der Stromsensor-Regelvorrichtung.

In einem Überlast-Betriebszustand, in dem ein hoher Strom I1 in der Primärwicklung fließt, kann der Strom I2 in der Sekundärwicklung nicht weiter erhöht werden, weil der Ausgang des Stromsensors S bereits seinen Höchstwert erreicht hat. Es ist sogar möglich, dass der Ausgangswert des Stromsensors bei steigender Magnetfeldstärke wieder sinkt. Das bedeutet, dass der magnetische Fluß in dem Luftspalt L nicht mehr durch die negative Rückkoppelung mit der Hilfe des Sekundärstroms I2 kompensiert werden kann, so dass ein Wert für den Magnetfluß im Luftspalt L ungleich Null ist. Deshalb wird bei weiter ansteigendem Primärstrom I1 der Magnetfluß in dem Luftspalt des Stromtransformators schnell ansteigen, weil durch den Strom I2 keine Kompensation mehr möglich ist. Als Ergebnis wird der Magnetfluß in dem Luftspalt auf einen Wert ansteigen, der oberhalb des für die Messung zulässigen Maximalwerts des Sensors liegt. Dieser verliert seine Empfindlichkeit bzw. hat sie verloren. Bei einem magnetoresistiven Sensor, wie er in der eingangs

beschriebenen Datenblattveröffentlichung der Firma Honeywell beschrieben ist, kann bei hohen Magnetflüssen ein foldback-Effekt auftreten, bei dem das Ausgangssignal des Sensors sogar geringer wird als bei niedrigeren Magnetfeldstärken.

- 5 Ein derartiger foldback-Effekt bringt die Regelvorrichtung in einem unkontrollierbaren Zustand, der in jeder Anwendung unerwünscht ist.

Figur 2b zeigt ein schematisches Ersatzschaltbild der  
10 Regelvorrichtung gemäß Figur 2a. Der Strom I1 als zu messende Größe erzeugt den magnetischen Fluß B1, der als Eingangssignal des Regelkreises R einem Summierglied SR zugeführt wird. Ausgangsseitig wird als Ausgangssignal des Summiergliedes SR ein magnetischer Fluss vom Sensor S erfaßt  
15 und durch einen Verstärker mit den beiden Elementen G1 und G2 in den Sekundärstrom I2 des Regelkreises umgewandelt. Der Sekundärstrom I2 wiederum erzeugt mit Hilfe des Transformators den magnetischen Fluß B2, der mit negativem Vorzeichen auf den zweiten Eingang des Summiergliedes SR  
20 zurückgeführt wird. Das in Figur 2a als Verstärker gezeigte Element G ist in Figur 2b durch zwei Elemente G1 und G2 realisiert, um das Verständnis der Erfindung anhand von Figur 1 zu erleichtern.

- 25 - Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße-Regelvorrichtung am Ausführungsbeispiel des Strommessreglers, der anhand von Figur 2 bereits grundsätzlich beschrieben worden ist. Gleiche Elemente wie in Figur 2b sind in Figur 1 mit gleichen Bezugszeichen versehen. Im Unterschied zu Figur 2b ist in  
30 Figur 1 zwischen den beiden Verstärkerelementen G1 und G2 ein Summierglied SF angeordnet, das an einem Eingang mit dem Ausgang des Verstärkers G2 verbunden ist. Der andere Eingang ist mit einem Fehlersignalgenerator F verbunden, der ein Fehlersignal erzeugt und in das Summierglied SF einspeist.  
35 Das Fehlersignal des Fehlersignalgenerators F wird erzeugt, wenn der Ausgang des Fehlersignalgenerators F durch eine Entscheiderschaltung E und/oder einen Zeitsignalgenerator TC

freigegeben ist. Das fehlersignal kann rechteckförmig sein. Der Ausgang des Summiergliedes SF wird einerseits dem Verstärker G1 zugeführt und andererseits einer Detektiereinrichtung D. Die Detektiereinrichtung D ist  
5 ausgangsseitig einerseits auf den Fehlersignalgenerator F und andererseits auf eine Steuereinrichtung KS rückgeführt, die als Klemmschaltung ausgebildet ist und im Ausgangskreis des Verstärkers G1 angeschlossen ist. Der Ausgang von KS bestimmt den Strom I2 der Sekundärwicklung des Transformators.

10

In einem normalen Betriebszustand, in dem kein Überlastbetrieb der Regelschaltung vorliegt, ist die Steuereinrichtung KS überbrückt, so dass der Ausgangsstrom I2 durch den Ausgangsstrom des Verstärkers G1 gebildet wird.

15

Im Überlastbetrieb wird die Steuereinrichtung KS durch die Detektiereinrichtung D so angesteuert, dass der Ausgangsstrom I2 auf einen vorgegebenen Wert festgelegt und geklemmt wird, der typischerweise dem maximalen Ausgangsstromwert der  
20 Regelvorrichtung entspricht. Dieser Wert ist höher als der im normalen Betriebszustand maximal zulässige Ausgangsstrom. In Verbindung mit einer Registrier- oder Anzeigeeinrichtung ist es somit möglich, einen regulären Betriebsszustand der Strommessvorrichtung festzustellen, weil der Ausgangsstrom I2  
25 auf einen höheren als den im Meßbetrieb zulässigen Strom geklemmt wird.

30

Der Betriebszustand der Regelvorrichtung, d.h. die Empfindlichkeit des magnetoresistiven Sensors S, wird mit der Vorrichtung gemäß Figur 1 gemessen, indem ein Fehlersignal des Fehlersignalgenerators F dem Summierglied SF zugeführt wird und das Fehlersignal sich dem Meßsignal überlagert. Im Verhältnis zum Messsignal des Regelkreises ist das Fehlersignal erheblich kleiner.

35

Der Einspeisepunkt des Fehlersignals kann auch an einer anderen Stelle im Regelkreis vorgesehen sein. Wesentlich ist,

dass das Fehlersignal in den geschlossenen Regelkreis eingespeist wird, so dass es in der Regelvorrichtung mit ausgeregelt wird. Dadurch wird es möglich, die volle Schleifenverstärkung des Regelkreises zu nutzen und das  
5 Fehlersignal in das Kennlinienverhalten des Sensors S einzubinden, um das überlagerte Fehlersignal mit Hilfe des Sekundärstroms I2 im Magnetfeld auszuregeln.

Die Größe des durch den Fehlersignalgenerator F erzeugten  
10 Fehlersignals wird so gewählt, dass der geschlossene Regelkreis das Fehlersignal auf einen nicht detektierbaren Signalpegel am Ausgang des Stromsensors minimiert.

Im Fall einer Verringerung der Empfindlichkeit des Senors S verringert sich die Schleifenverstärkung des Regelkreises und  
15 das Fehlersignal kann nicht mehr völlig kompensiert werden. Gegenüber dem regulären Zustand, dass das Fehlersignal vollständig kompensiert wird, kann dieser Zustand einer verringerten Empfindlichkeit des Senors detektiert werden,  
20 indem die Signale an dem Summierpunkt für das Fehlersignal SF jeweils verglichen werden, bevor und nachdem das Fehlersignal eingespeist wird. In dem Fall, dass der Regelkreis im normalen Betriebszustand arbeitet, wird der Ausgang des Summiergliedes SF dem Fehlersignal nicht folgen, weil das  
25 Fehlersignal durch den Regelkreis kompensiert wird. Im Fall einer verringerten Schleifenverstärkung wird das Fehlersignal am Ausgang des Summiergliedes SF jedoch messbar. Entsprechend umgekehrt sind die Verhältnisse, wenn der Vergleich am Eingang des Summiergliedes SF beziehungsweise am Ausgang des  
30 Verstärkers G2 durchgeführt wird.

Um nun das Signal am Ausgang des Summiergliedes SF jeweils vor und nach der Überlagerung des Fehlersignals vergleichen zu können, muß zumindest eines der Signale  
35 zwischengespeichert werden, damit ein Vergleich mit dem jeweils anderen Betriebszustand erfolgen kann. In der Detektiereinrichtung D besorgt die Zwischenspeicherung des

- Ausgangssignals von SF das Speicherelement SP, das ausgangsseitig einen Eingang des Fehlerkomparators EC belegt. Der andere Eingang des Fehlerkomparators EC ist mit dem Ausgang des Summiergliedes SF verbunden. Ausgangsseitig führt der Fehlerkomparator auf eine Entscheiderschaltung E die bei einem entsprechenden Eingangssignal ein Ausgangssignal erzeugt, um die Steuereinrichtung KS zum Klemmen des Ausgangsstromes I2 anzusteuern.
- 10 In einer Regelvorrichtung, in der ein Sensorsystem angeordnet ist, das beide Polaritäten zuläßt, also beispielsweise für entgegengesetzt gerichtete Magnetfeldstärken, enthält die Detektiereinrichtung D ein Vorzeichenspeicherelement SC, das
- 15 eingangsseitig mit dem Ausgang des Summiergliedes SF und ausgangsseitig mit der Entscheiderlogik E verbunden ist. Das Vorzeichenspeicherelement SC speichert das Vorzeichen beziehungsweise die Polarität des anliegenden Signals, so dass in einem Überlastbereich der auf den
- 20 Fehlersignalgenerator F rückgeführte Ausgang der Entscheiderlogik so eingestellt werden kann, dass die Polarität des am Knoten SF eingespeisten Fehlersignals umgekehrt als das Vorzeichen des Ausgangssignals des Regelkreises eingestellt wird.
- 25 Vorzugsweise ist als weiteres Element der Detektiereinrichtung D ein Signalpegelkomparator LC vorgesehen, der eingangsseitig ebenfalls mit dem Summierglied SF und ausgangsseitig mit der Entscheiderlogik E verbunden ist. Der Signalpegelgenerator LC stellt während
- 30 Überlastbedingungen, bei denen die Regelvorrichtung des Sensorssystems noch eine ausreichend hohe Schleifenverstärkung hat, um den Ausgang des Regelkreises auf seinen maximalen Wert festzulegen, sicher, dass ein Teil der Detektiereinrichtung D optional abgeschaltet werden kann. Die
- 35 Entscheiderlogik braucht in diesem Fall kein Signal zu erzeugen, dass die Klemmschaltung KS aktiviert.

Wie anhand von Figur 1 geschildert, ist es besonders vorteilhaft, dass Fehlersignal des Fehlersignalgenerators F intermittierend in den Knoten SF einzuspeisen. Dies kann mit einer Frequenz im kHz-Bereich geschehen, so dass der

5 Messvorgang der Detektiereinrichtung D im Bereich von wenigen Mikrosekunden liegt. Vorteil der Erfindung ist, dass in einem Überlastbereich immer eine klare Erkennung dieses Bereiches möglich ist und dass dazu der geschlossene Regelkreis nicht geöffnet zu werden braucht.

10

Wenn nach Beendigung des Überlastbereiches der Strom I1 durch die Primärwicklung des Transformators wieder auf einen Wert sinkt, der einen regulären Sensorbetrieb beziehungsweise einen regulären Betrieb der Regelvorrichtung ermöglicht, wird  
15 dies mit Hilfe der Detektiereinrichtung D festgestellt und die Steuereinrichtung KS wieder überbrückt bzw. die Klemmschaltung abgeschaltet.

20

Es ist zu betonen, dass es sich bei der erfindungsgemäßen Regelanordnung um eine universelle Vorrichtung beziehungsweise um ein universelles Verfahren handelt. Die Erfindung kann in jeder Regelvorrichtung eingesetzt werden, in der ein Sensor mit parasitären Eigenschaften in den Regelkreis eingebunden ist. Bei einem geschlossenen

25

Regelkreis wird die Schleifenverstärkung des Systems benutzt, um die Empfindlichkeit beziehungsweise Genauigkeit des Sensorsausgangs zu kontrollieren. Alle parasitären Fehler des Regelkreises wie Verstärkungsänderungen, Offset, Rauschen oder überlagerte Fehlersignale werden durch die

30

Schleifenverstärkung mit negativer Rückkoppelung abgeschwächt. Im Fall einer Verschlechterung der Eigenschaften eines Elementes in dem geschlossenen Regelkreis wird das überlagerte Fehlersignal nicht mehr kompensiert und kann deshalb benutzt werden um die Verschlechterung der

35

Eigenschaften der Regelvorrichtung zu detektieren und den Ausgang der Regelvorrichtung entsprechend einzustellen.

## Patentansprüche

1. Regelvorrichtung mit einem Regelkreis, der einen auf einen  
5 Rückkoppeleingang des Regelkreises rückgekoppelten  
Rückführzweig enthält, mit einem Sensor (S), der in dem  
Regelkreis angeordnet ist und an seinem Ausgang ein  
Sensorsignal abgibt, das in ein Rückkoppelsignal umgesetzt  
und an den Rückkoppeleingang des Regelkreises zurückgeführt  
10 wird,  
gekennzeichnet durch
- einen Fehlersignalgenerator (F), der ein Fehlersignal  
erzeugt und in den Regelkreis einspeist,
  - eine Detektiereinrichtung (D), die ein Messsignal des  
15 Regelkreises überwacht und
  - eine Steuereinrichtung (KS) in dem Regelkreis, die abhängig  
vom Ausgangssignal der Detektiereinrichtung das  
Ausgangssignal (I2) des Regelkreises auf einen vorgegebenen  
Wert setzt.
- 20
2. Regelvorrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektiereinrichtung (D) eine Speichereinrichtung (SP)  
und einen Komparator (EC) enthält, der das Messsignal des  
25 Regelkreises mit einem in der Speichereinrichtung (SP)  
gespeicherten Signal vergleicht.
3. Regelvorrichtung nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
30 der Komparator (EC) mit einer Entscheiderlogik (E) verbunden  
ist, die die Steuereinrichtung (KS) ansteuert.
4. Regelvorrichtung nach Anspruch 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
35 die Steuereinrichtung (KS) eine Klemmschaltung enthält, die  
das Ausgangssignal (I2) des Regelkreises auf den vorgegebenen  
Wert festsetzt.

5. Regelvorrichtung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektiereinrichtung (D) einen Signalpegelkomparator (LC)  
5 und/oder einen Signalvorzeichenkomparator (SC) enthält, die  
eingangsseitig mit dem Regelkreis und ausgangsseitig mit der  
Entscheiderlogik (E) verbunden sind.
6. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5,  
10 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Fehlersignalgenerator (F) mit einem Zeitsignalgenerator  
(TC) und/oder der Detektiereinrichtung (D) verbunden ist und  
abhängig von deren Ausgangssignal das Fehlersignal erzeugt.
- 15 7. Regelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein magnetoresistiver Sensor (S) zur Erfassung eines  
Magnetfeldes vorgesehen ist.
- 20 8. Verfahren zum Betreiben einer Regelvorrichtung nach einem  
der Ansprüche 1 bis 7, bei dem ein in einem Regelkreis  
angeordneter Sensor (S) ein Sensorsignal abgibt, das in ein  
Rückkoppeelsignal umgesetzt und an einen Rückkoppeleingang des  
Regelkreises zurückgeführt wird,  
25 gekennzeichnet durch folgende Schritte:  
- ein Fehlersignal eines Fehlersignalgenerators (F) wird in  
den Regelkreis eingespeist,  
- eine Detektiereinrichtung (D) überwacht ein Messsignal des  
Regelkreises und vergleicht das Messsignal mit einem zuvor  
30 gespeicherten Signal,  
- bei Erfüllung eines vorgegebenen Kriteriums erzeugt die  
Detektiereinrichtung ein Ausgangssignal, das  
- eine Steuereinrichtung (KS) in dem Regelkreis ansteuert,  
die wiederum das Ausgangssignal (I2) des Regelkreises auf  
35 einen vorgegebenen Wert setzt.

9. Verfahren nach Anspruch 8,



dadurch gekennzeichnet, dass  
das Messsignal des Regelkreises in einer Speichereinrichtung  
(SP) gespeichert und ein zweites Messsignal mit dem  
gespeicherten Messsignal in einem Komparator (EC) verglichen  
5 wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Ausgangssignal des Komparators (EC) eine Entscheiderlogik  
10 (E) ansteuert und diese eine Steuereinrichtung (KS), die bei  
Erfüllung eines vorgegebenen Kriteriums ein Ausgangssignal  
des Regelkreises auf einen Wert festsetzt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Signalpegelkomparator (LC) und/oder ein  
Signalvorzeichenkomparator (SC) der Detektiereinrichtung (D)  
das Messsignal des Regelkreises erfassen ausgangsseitig ein  
Signal an die Entscheiderlogik (E) abgeben.

20  
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Fehlersignalgenerator (F) von einem Zeitsignalgenerator  
(TC) und/oder der Detektiereinrichtung (D) angesteuert ist  
25 und abhängig von deren Ausgangssignalen das Fehlersignal  
erzeugt.

## Zusammenfassung

Die Erfindung sieht eine Regelvorrichtung mit einem Regelkreis vor, der einen auf einen Rückkoppel­eingang des  
5 Regelkreises rückgekoppelten Rückführzweig enthält, einen Sensor (S), der in dem Regelkreis angeordnet ist und an seinem Ausgang ein Sensorsignal abgibt, das in ein Rückkoppelsignal umgesetzt und an den Rückkoppel­eingang des  
10 Regelkreises zurückgeführt wird, einen Fehlersignalgenerator (F), der ein Fehlersignal erzeugt und in den Regelkreis einspeist, eine Detektiereinrichtung (D), die ein Messsignal des Regelkreises überwacht, und eine Steuereinrichtung (KS) in dem Regelkreis, die abhängig vom Ausgangssignal der Detektiereinrichtung das Ausgangssignal (I2) des Regelkreises  
15 auf einen vorgegebenen Wert setzt. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben dieser Regelvorrichtung, mit dem ein Überlastbetrieb der Vorrichtung ermittelt werden kann.

20 FIG. 1

Fig. 1

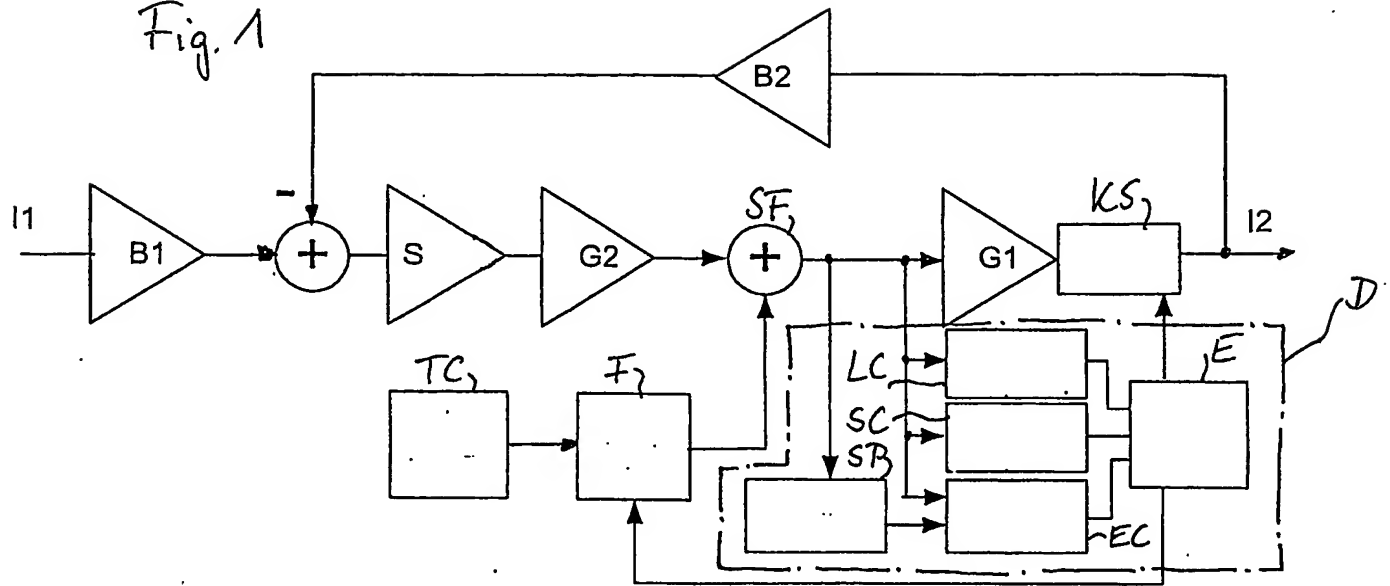


Fig. 2a

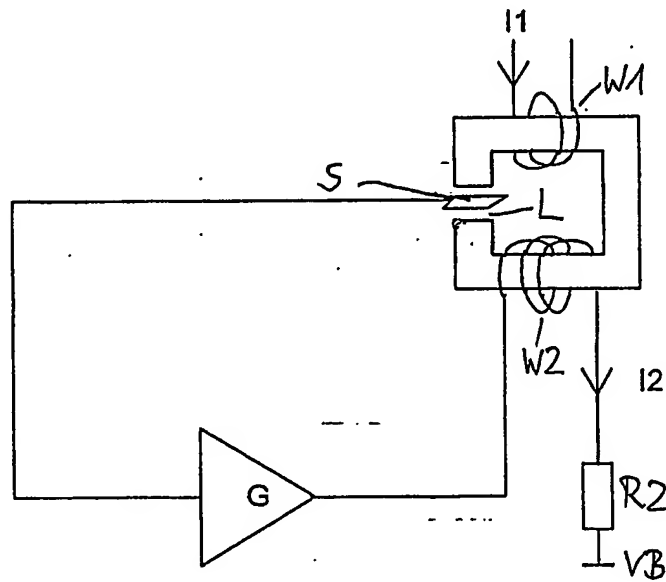
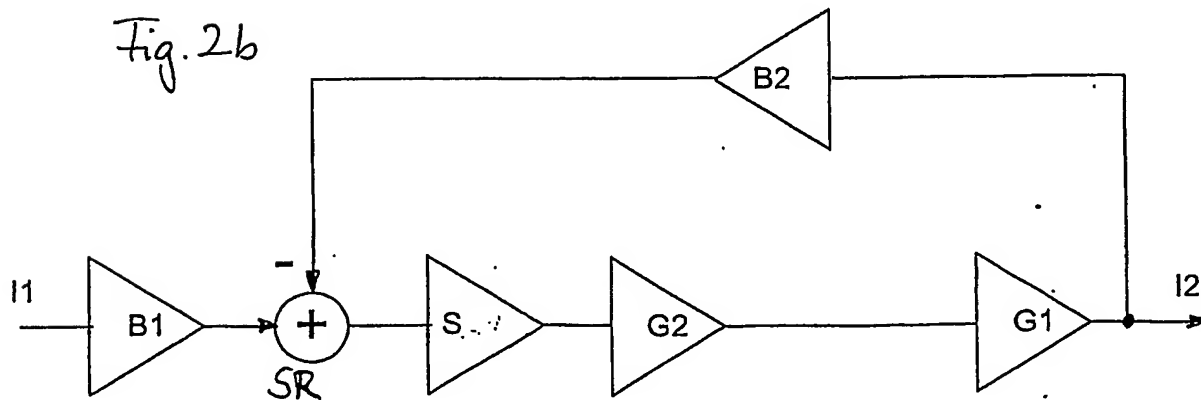
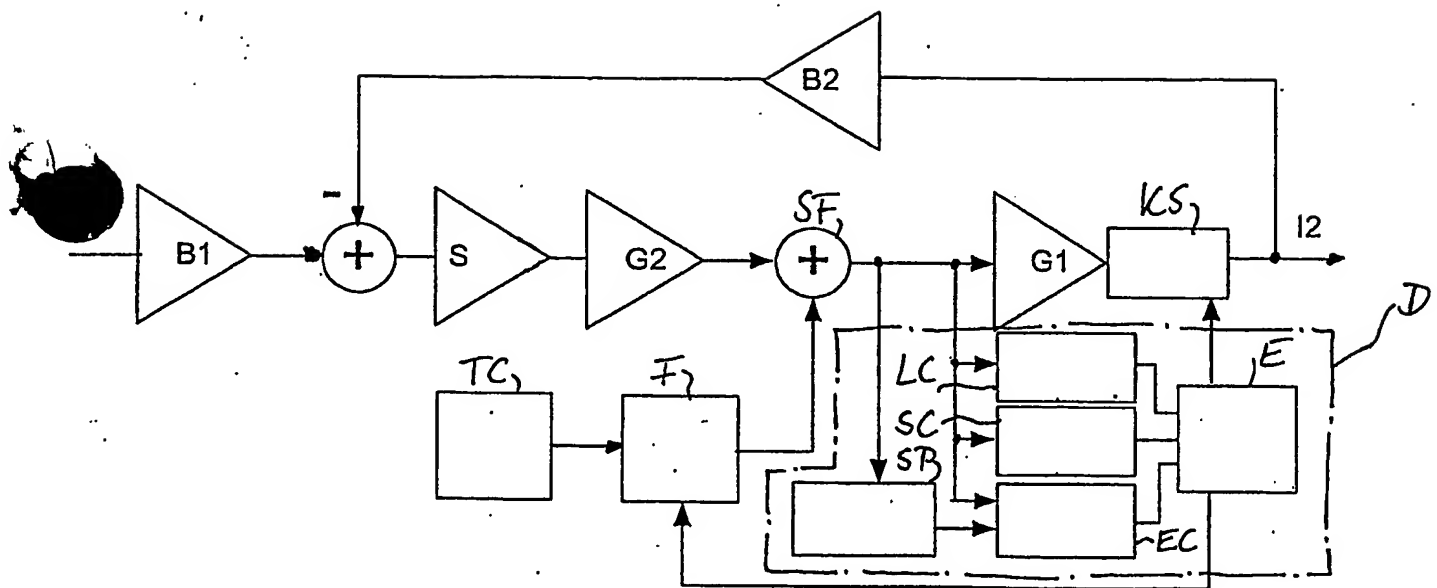


Fig. 2b





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**